



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 04138502 A

(43) Date of publication of application: 13.05.1992

(51) Int. Cl. G05B 13/02

(21) Application number: 02258835
 (22) Date of filing: 29.09.1990

(71) Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(72) Inventor: TANABE MASAOKI
 KUWABARA SATOSHI

(54) MANIPULATED VARIABLE SEQUENTIAL
 FORECASTING OPERATION SYSTEM AND
 CONTROL VARIABLE SEQUENTIAL
 FORECASTING

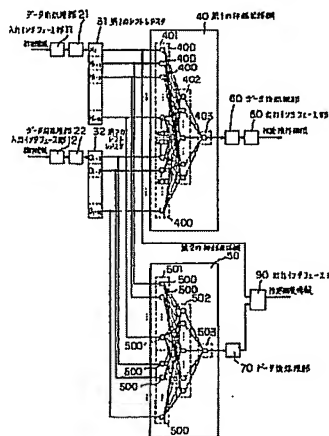
(57) Abstract:

PURPOSE: To enable an unexperienced operator also to execute proper operation by presenting operation contents to be successively executed with likelihood, also reliability to the operator based upon a result obtained by measuring the state of a target and the history of the operation contents executed by the operator.

CONSTITUTION: This system is provided with a neural circuit network having learned past successful examples obtained by properly controlling an operation target or a control target, and while sequentially forecasting a manipulated variable or control variable, the recommended value of the manipulated variable is presented together with its recommended likelihood. Namely, the 1st neural circuit network 40 outputs operation contents similar to the successful examples executed by an experienced operation by means of the operation system. The 2nd neural circuit network 50 for outputting the forecasting value of measuring informa-

tion uses the measuring information in the operation success example used for the learning of the network 40 as teacher's data and inputs the history of the past measuring information collected several times prior to the measuring information concerned and the history of the operation information as example learning. Consequently, an unexperienced operator also can execute proper operation.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

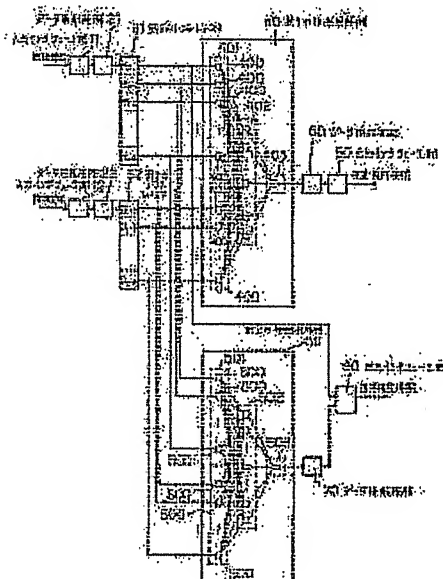


MANIPULATED VARIABLE SEQUENTIAL FORECASTING OPERATION SYSTEM AND CONTROL VARIABLE SEQUENTIAL FORECASTING

Patent number: JP4138502 (A)
Publication date: 1992-05-13
Inventor(s): TANABE MASAOKI; KUWABARA SATOSHI
Applicant(s): NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE
Classification:
- international: G05B13/02; G05B13/02; (IPC1-7): G05B13/02
- european:
Application number: JP19900258835 19900929
Priority number(s): JP19900258835 19900929

Abstract of JP 4138502 (A)

PURPOSE: To enable an unexperienced operator also to execute proper operation by presenting operation contents to be successively executed with likelihood, also reliability to the operator based upon a result obtained by measuring the state of a target and the history of the operation contents executed by the operator. **CONSTITUTION:** This system is provided with a neural circuit network having learned past successful examples obtained by properly controlling an operation target or a control target, and while sequentially forecasting a manipulated variable or control variable, the recommended value of the manipulated variable is presented together with its recommended likelihood. Namely, the 1st neural circuit network 40 outputs operation contents similar to the successful examples executed by an experienced operation by means of the operation system.; The 2nd neural circuit network 50 for outputting the forecasting value of measuring information uses the measuring information in the operation success example used for the learning of the network 40 as teacher's data and inputs the history of the past measuring information collected several times prior to the measuring information concerned and the history of the operation information as example learning. Consequently, an unexperienced operator also can execute proper operation.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-138502

⑬ Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)5月13日

G 05 B 13/02

L

7740-3H

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 操作量逐次予測運転システムおよび制御量逐次予測自動制御システム

⑯ 特 願 平2-258835

⑰ 出 願 平2(1990)9月29日

⑱ 発 明 者 田 辺 雅 秋 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発 明 者 桑 原 敏 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代 理 人 弁理士 若 林 忠

明 細 書

1. 発明の名称

操作量逐次予測運転システムおよび
制御量逐次予測自動制御システム

2. 特許請求の範囲

1. 運転対象の状態を計測する計測手段と、該計測手段により得られた計測情報をもとに前記運転対象を操作する操作手段を有する運転システムにおいて、

前記計測手段で得られた計測情報の履歴を順次取り込む第1のシフトレジスタと、

前記操作手段でなされた操作内容である操作情報の履歴を順次取り込む第2のシフトレジスタと、

前記計測情報の履歴と前記操作情報の履歴との関係を予め学習させてあり、第1および第2のシフトレジスタの各段の内容を入力とし、前記学習結果に基づいて今回の操作内容の予測値に対応した量を入力する第1の神経回路網と、

前記計測情報の履歴と前記操作情報の履歴との

関係を予め学習させてあり、第1のシフトレジスタの最新の計測情報を保持している第1の段を除く各段の内容と、第2のシフトレジスタの各段の内容とを入力とし、前記学習結果に基づいて最新の計測情報の予測値に対応した量を入力する第2の神経回路網と、

第2の神経回路網の出力と、前記計測手段により計測された最新の計測情報とを比較する比較手段と、

前記比較手段による比較結果を評価し、評価結果を第1の神経回路網の出力である操作内容の予測値の推奨確度を示す付加情報として出力する評価手段とを有することを特徴とする操作量逐次予測運転システム。

2. 制御対象の状態を計測する計測手段と、該計測手段により得られた計測情報をもとに前記制御対象を逐次的に制御する制御手段を有する自動制御システムにおいて、

前記計測手段で得られた計測情報の履歴を順次取り込む第1のシフトレジスタと、

前記制御手段でなされた制御内容である制御情報の履歴を順次取り込む第2のシフトレジスタと、

前記計測情報の履歴と前記制御情報の履歴との関係を予め学習させてあり、第1および第2のシフトレジスタの各段の内容を入力とし、前記学習結果に基づいて今回の制御内容の予測値に対応した量を出力する第1の神経回路網と、

前記計測情報の履歴と前記制御情報の履歴との関係を予め学習させてあり、第1のシフトレジスタの最新の計測情報を保持している第1の段を除く各段の内容と、第2のシフトレジスタの各段の内容とを入力とし、前記学習結果に基づいて最新の計測情報の予測値に対応した量を出力する第2の神経回路網と、

第2の神経回路網の出力と、前記計測手段により計測された最新の計測情報とを比較する比較手段と、

前記比較手段による比較結果を評価し、評価結果を第1の神経回路網の出力である制御内容の予

測値の推奨確度を示す付加情報として出力する評価手段とを有することを特徴とする制御量逐次予測自動制御システム。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、運転対象から得られた計測情報に基づいて該運転対象を操作する運転システムおよび制御対象から得られた計測情報に基づいて該制御対象を逐次的に制御する自動制御システムに関する。

(従来の技術)

操作者がある目標に向かって運転対象を制御していくような運転システムでは、操作内容を決定することが重要なポイントとなる。この操作内容の決定は、操作者が対象の状態を直接監視した結果に基づいて、あるいは何等かの計測手段で得た運転対象の状態を示す計測結果に基づいてなされることが多い。操作者は、観測された運転対象の状態が目標とする状態となるように操作内容を決定してシステムを運転する。一方、運転対象はその

置かれた環境から影響を受けており、運転対象の状態は操作者が行なった操作の内容と環境からの影響の相互作用で変化していくことになる。この環境からの影響が非常に微弱で無視できれば、操作内容がそのまま状態の制御に反映され、操作者によるシステムの運転は精度の高いものになる。しかし、環境からの影響が無視できるようなことはまれであり、操作者にはその影響を考慮した運転技術が要求される。一般に、環境からの影響は操作者にとって未知なことが多く、操作者はこの環境からの影響を推測しつつシステムを運転することになる。特に、環境からの影響が固定的で変動しないものであったり、変動傾向が一定あるいは周期的で定常的なものであれば、その影響を推測することが比較的容易となるので高精度な運転が期待できる。実際の運転システムでは、環境からの影響は時々刻々変動しておりその変動傾向も定まらないことが多く、この環境からの影響を推測することはきわめて困難となる。ここに熟練した操作者と未熟な操作者との差異があり、熟練し

た操作者はこの環境からの影響を比較的良好に推測しているともいえる。したがって、今まで述べてきたような運転システムでは、操作者の熟練度が重要な要素となっており、システムの普及には熟練した専門操作者の育成が必須となっていた。また、従来から、運転操作の支援や自動化を目指して、熟練した操作者の専門知識を盛り込んだエキスパートシステムの開発もなされているが、経験に基づく操作知識が大半であるため体系化されておらず、知識獲得が困難となっており必ずしも成功しているとは言えない。

また、ロボット制御などにみられる自動制御システムでも、制御対象が置かれた環境からの影響を推測することは重要なポイントであり、その推測の良否がシステムの性能を左右していると考えられる。一般には、環境からの影響も含めて制御対象をモデル化して、システムの中に組込んでいることが多い。しかし、起こり得る全ての状況をモデルに組込むことはほとんど不可能であり、モデルから逸脱した状況では、誤った制御を行なっ

て故障の原因となったり、制御不能に陥ることになる。このため、ロバスト性を保証した制御機構などの開発が盛んであるが、問題を根本的に解決するには至っていない。

(発明が解決しようとする課題)

以上説明したように、操作者が対象の状態を観測した結果に基づいて操作する従来の運転システムでは、操作者がその専門家としての知識と経験により最適と考えられる操作量を予測決定しながら操作を行っていたため、経験の乏しい操作者による運転と熟練した操作者による運転とでは、その運転精度などの品質に大きな隔たりが生じるという欠点があった。

また、上記から明らかなようにこのような運転システムの操作者には、専門家としてのある程度の知識と経験が必要となり、運転システム自体の普及には専門家養成訓練が重要な課題となっている。

一方、自動制御システムでは、制御対象が制御可能な範囲を逸脱した状況に陥ったときに速やか

に手動制御に切替えるなどの対策をとる必要がある。したがって、制御対象がシステムで制御可能な範囲に納まっているのか、あるいは制御可能な範囲を逸脱しているのかを、制御対象の状況を観測するなどの何等かの方法により判別できることが重要な課題となっている。

本発明の第1の目的は、専門家としての知識や経験を必要としない運転システムを提供することである。

本発明の第2の目的は、制御対象がシステムで制御可能な範囲に納まっているか否かを早期に検出できる自動制御システムを提供することである。

(課題を解決するための手段)

本発明の運転システムは、

計測手段で得られた計測情報の履歴を順次取り込む第1のシフトレジスタと、

操作手段でなされた操作内容である操作情報の履歴を順次取り込む第2のシフトレジスタと、

前記計測情報の履歴と前記操作情報の履歴との

込む第1のシフトレジスタと、

制御手段でなされた制御内容である制御情報の履歴を順次取り込む第2のシフトレジスタと、

前記計測情報の履歴と前記制御情報の履歴との関係を予め学習させてあり、第1および第2のシフトレジスタの各段の内容を入力とし、前記学習結果に基づいて今回の制御内容の予測値に対応した量を出力する第1の神経回路網と、

前記計測情報の履歴と前記制御情報の履歴との関係を予め学習させてあり、第1のシフトレジスタの最新の計測情報を保持している第1の段を除く各段の内容と、第2のシフトレジスタの各段の内容とを入力とし、前記学習結果に基づいて最新の計測情報の予測値に対応した量を出力する第2の神経回路網と、

第2の神経回路網の出力と、前記計測手段により計測された最新の計測情報とを比較する比較手段と、

前記比較手段による比較結果を評価し、評価結果を第1の神経回路網の出力である制御内容の予

関係を予め学習させてあり、第1および第2のシフトレジスタの各段の内容を入力とし、前記学習結果に基づいて今回の操作内容の予測値に対応した量を出力する第1の神経回路網と、

前記計測情報の履歴と前記操作情報の履歴との関係を予め学習させてあり、第1のシフトレジスタの最新の計測情報を保持している第1の段を除く各段の内容と、第2のシフトレジスタの各段の内容とを入力とし、前記学習結果に基づいて最新の計測情報の予測値に対応した量を出力する第2の神経回路網と、

第2の神経回路網の出力と、前記計測手段により計測された最新の計測情報とを比較する比較手段と、

前記比較手段による比較結果を評価し、評価結果を第1の神経回路網の出力である操作内容の予測値の推奨確度を示す付加情報として出力する評価手段とを有する。

本発明の自動制御システムは、

計測手段で得られた計測情報の履歴を順次取り

測値の推奨確度を示す付加情報として出力する評価手段とを有する。

(作用)

本発明は、上記目的を達成するために、運転システムや自動制御システムにおいて、操作対象や制御対象を適切に制御した過去の成功実施例を学習した神経回路網を備えて操作量や制御量を逐次予測し、操作量あるいは制御量の推奨値を推奨確度付きで提示するものである。

操作量の推奨値を出力する第1の神経回路網は、熟練した操作者による運転システムの操作成功事例における操作内容を教師データとし、その操作にかかわる対象の計測情報と、更にその操作に先立つ過去数回分の計測情報の履歴と、操作情報の履歴とを事例学習入力としており、熟練した操作者がその運転システムで実施した成功事例と同等な操作内容を出力する。また、推奨操作値の推奨確度は、第2の神経回路網による計測情報の予測値と実際の計測結果を比較することで対応する。計測情報の予測値を出力する第2の神経回路

網は、操作量の推奨値を出力する第1の神経回路網の学習で使用した操作成功事例で計測情報を教師データとし、その計測情報に先立つ過去数回分の計測情報の履歴と操作情報の履歴とを事例学習入力としており、いわば運転システムの対象が受ける環境からの影響を計測情報の変動という形式でシミュレートしたものとなっている。

自動制御システムにおいては、上記運転システムで操作者が実施した操作内容を示す操作情報の代りに、システムが行なった制御の内容を示す制御情報を対応させて考えればよく、自動制御システムが実施した過去の制御成功事例と同等な制御内容を確度付きで出力する。

したがって、本発明によれば、運転システムの操作者は、提示される推奨確度付きの推奨操作値を参考にして、実際の操作内容を決定できるので、専門家としての高度な知識や深い経験を必要としなくなり、また、自動制御システムにおいては、推奨確度付きの推奨制御値とシステム本体が生成する制御量とを比較対象することが可能とな

るので、制御可能な範囲を逸脱する傾向が早期に検出されるようになる。

(実施例)

次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

第1図は本発明の一実施例を示す操作量逐次予測運転システムのブロック図、第2図は第1図の運転システムの動作手順を示す図である。

本実施例の操作量逐次予測運転システムは、計測手段(図示せず)と、操作手段(図示せず)と、入力インタフェース部11、12と、データ前処理部21、22と、第1のシフトレジスタ31と、第2のシフトレジスタ32と、第1の神経回路網40と、第2の神経回路網50と、データ後処理部60、70と、出力インタフェース部80、90と、データ表示装置(図示せず)で構成されている。

計測手段は運転対象(図示せず)の状態を計測する。操作手段は運転システムの操作者が運転対象を操作するためのものである。入力インタ

フェース部11は計測手段で得られた、運転対象の状態を示す計測情報を受信する。入力インタフェース部12は運転対象を目標に向けて運転するために操作者が行なった操作内容である操作情報を受信する。データ前処理部21、22はそれぞれ入力インタフェース部11、12で受信された計測情報、操作情報を入力して正規化等の処理を施して神経回路網40、50が入力可能なデータ形式に変換する。第1のシフトレジスタ31は $(n+1)$ 段構成であり、データ前処理部21から最新計測情報である第 i 回目の計測情報が入力されると、保持している情報を順次シフトし、 $(n+1)$ 段目からあふれた最も古い第 $(i-n-1)$ 回目の計測情報を廃棄し、結果として過去 $(n+1)$ 回分の計測情報を保持している。第2のシフトレジスタ32は n 段構成であり、データ前処理部22から操作情報を順次入力し、シフトレジスタ31と同様の動作で前回までの過去 n 回分の操作情報を保持している。第1の神経回路網40は入力層401、中間層402および中間層403の3層から構成

され、入力層401の各ユニット400はシフトレジスタ31および32の各段に接続されており、計測情報の履歴と操作情報の履歴との関係を予め学習させてあり、シフトレジスタ31および32の各段の情報、すなわち最新の第*i*回目の計測情報および第(*i*-1)回目から過去*n*回分の計測情報と操作情報を入力し、学習結果に基づいて第*i*回目の操作内容に対応した量(操作内容の予測値)を出力する。データ後処理部60は、第1の神経回路網40の出力結果を運転システムの本来の操作量のデータ形式に変換する。出力インタフェース部80はデータ後処理部60の出力を推奨操作情報として運転システムの操作者に提示するためにデータ表示装置に表示する。第2の神経回路網50は入力層501、中間層502および出力層503の3層から構成され、入力層501の各ユニット500はシフトレジスタ31および32の各段(ただし、シフトレジスタ31の最新の計測情報を保持している第1段を除く)に接続されており、計測情報の履歴と操作情報の履歴の

関係を予め学習させてあり、シフトレジスタ31および32の各段の情報、すなわち第(*i*-1)回目から過去*n*回分の計測情報と操作情報を入力し、学習結果に基づいて第*i*回目(最新)の計測情報の予測値に対応した量を出力する。データ後処理部70は第2の神経回路網50の出力結果をデータ前処理部21で変換された入力データ形式と同等のデータ形式に再変形し、実際に得られた第*i*回目の計測情報との比較を可能にする。出力インタフェース部90は比較手段と評価手段に対応し、データ後処理部70の出力と、シフトレジスタ31の第1段に保持されている第*i*回目(最新)の計測情報を入力して両者を比較し、その比較差分に対応した予測確度データを変換生成し、出力インタフェース部80から出力される推奨操作情報の推奨確度情報として出力し、推奨操作情報と同様に、運転システムの操作者に提示するためにデータ表示装置に表示する。

次に、本実施例において、推奨確度情報が付加された推奨操作情報を操作者に提示する過程を

第2図の運転システムの動作手順に基づいて説明する。

本運転システムの動作手順は、運転対象の状態を計測するステップ101、計測結果を評価するステップ102と、操作内容を決定するステップ103と、操作を実施するステップ104との4ステップを基本動作とし、その繰返して対象を目標とする状態に運転していくものである。ここで、対象はそのおかれた環境から常時影響を受けている。

いま、仮に、第*i*回目の運転システムの基本動作を実施し始めたとする。第*i*回目の計測情報が計測手段で得られ、入力インタフェース部11で受信された後、データ前処理部21によって神経回路網40、50の入力データ形式に変形され、シフトレジスタ31に入力される。このシフトレジスタ31は、最新計測情報である第*i*回目の計測情報が入力されると、保持している情報を順次シフトさせ、(*n*+1)段目からあふれた最も古い第(*i*-*n*+1)回目の計測情報を廃棄し、結果として過

去(*n*+1)回分の計測情報を順次保持することになる。一方、操作情報は、この時点で前回の第(*i*-1)回目の基本動作で実施した操作内容を示す操作情報が、入力インタフェース部12を介して受信されており、データ前処理部22により神経回路網40、50の入力データ形式に変形され、シフトレジスタ32に入力されている。シフトレジスタ32は、シフトレジスタ31の動作と同様にして、前回までの過去*n*回分の操作情報を順次保持している。このようにして、第*i*回目の基本動作の操作内容の決定にあたって、神経回路網40には、シフトレジスタ31、32の各段の情報、すなわち、最新の第*i*回目の計測情報および第(*i*-1)回目から過去*n*回分の計測情報と操作情報が入力される。神経回路網40では、これらの情報を入力として、まえもって施された学習に基づいて、第*i*回目の操作内容に対応した量(予測値)を出力する。この出力結果は、データ後処理部60によって、運転システムの本来の操作量の形式に変換され、出力インタフェース部80を介

して推奨操作情報として出力され、データ表示装置により運転システムの操作者に提示される。一方、神経回路網50には、シフトレジスタ31、32の各段の情報の内、最新の第*i*回目の計測情報を除いて、第(*i*-1)回目から過去*n*回分の計測情報と操作情報が入力される。神経回路網50では、これらの情報を入力として、まえもって施された学習に基づいて、第*i*回目の計測情報の予測値に対応した量を出力する。この出力結果は、データ後処理部70によって、データ前処理部21で変換された入力データ形式と同等のデータ形式に再変形される。出力インタフェース部90では、これを実際に得られた第*i*回目の計測情報と比較しその比較差分に対応した予測精度データを変換生成して、推奨精度情報として出力する。この推奨精度情報も推奨操作情報と同様に、データ表示装置により運転システムの操作者に提示される。運転システムの操作者は、これらの提示された推奨操作情報と推奨精度情報を参考として、実際の操作内容を決定することが可能となる。

ブ101~104は、①小口径管推進機の先端装置の状態を示す位置や姿勢角などを計測するステップ、②小口径管推進機を用いた管体埋設工事の計画線を基準に計測結果を評価するステップ、③具体的な操作内容である推進方向を決定するステップ、④小口径管推進方向の修正操作を実施するステップに対応しており、小口径管推進を実施し実際に先端装置の状態を変化させる。環境からの影響は、土中に管体などを推進するにあたって受ける土圧の影響に対応している。

なお、自動制御システムの場合には、操作手段の代りに制御手段が設けられ、上記運転システムで操作者が実施した操作内容を示す操作情報の代りに、システムが行なった制御の内容を示す制御情報に対応させて考えればよく、自動制御システムが実施した過去の制御成功事例と同等な制御内容が精度付きで出力される。

したがって、推奨精度付きの推奨制御値とシステム本体が生成する制御量とを比較対象することが可能となるので、制御可能な範囲を逸脱する傾

以上の説明において、シフトレジスタ31、32は、過去の履歴を神経回路網40、50に取込むための一手法であり、過去の操作履歴とそのリアクションを伴った計測結果、すなわち操作情報の履歴と計測情報の履歴に反映されている環境からの影響を神経回路網40、50に取込むことが可能となる。シフトレジスタ31、32の段数は、環境からの影響がどの程度長期間に渡っているかによって決定され、積むデータの段数を多くとればそれだけ環境からの影響の長期の変動傾向を反映させることができる。また、神経回路網40と50とは、同一の運転システムの操作に係わる処理を行なうのであるから、各々の神経回路網の学習においても操作事例を用いなければならない。なお、ここでは3層構造の神経回路網40、50を利用した例を示しているが、神経回路網としては3層構造に限定される必要はない。

以上の説明の具体例としては、例えば非開削でトンネルを築造して管体を埋設する小口径管推進機を運転するようなものがあり、上記の各ステッ

向が早期に検出されるようになる。

(発明の効果)

以上説明したように本発明は、次の効果がある。

(1) 運転システムにおいては、対象の状態を計測した結果と操作者が行なった操作内容の履歴から、次に実施すべき操作内容をその信頼性ともいえる精度付きで操作者に提示することにより、これらの出力情報を参考にして、システムの運転を進めれば、経験の乏しい操作者であっても適切に操作することが可能となる。特に、推奨精度情報は、推奨操作情報を参考にするにあたって有力な付加情報となっていると考えられるので、これらの情報を総合的に判断すれば、全く経験のない操作者であっても、異常な事態を発見でき、運転失敗を未然に防ぐことができる。また、経験の有無にかかわらず、運転精度などで品質の高い操作を実施できるようになるので、経験者不足に関係なく運転システムの普及を促進することができる。

(2) 自動制御システムにおいては、同様に制御対

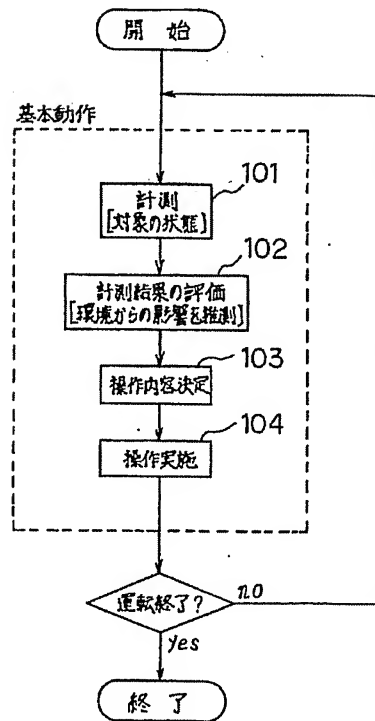
象の状態を計測した結果とシステムが行なった制御内容の履歴から、次の制御内容を制御可能な範囲にある信頼性ともいえる確度付きで出力することにより、制御対象が制御可能な範囲を逸脱する傾向を早期に検出できる。

4. 図面の簡単な説明

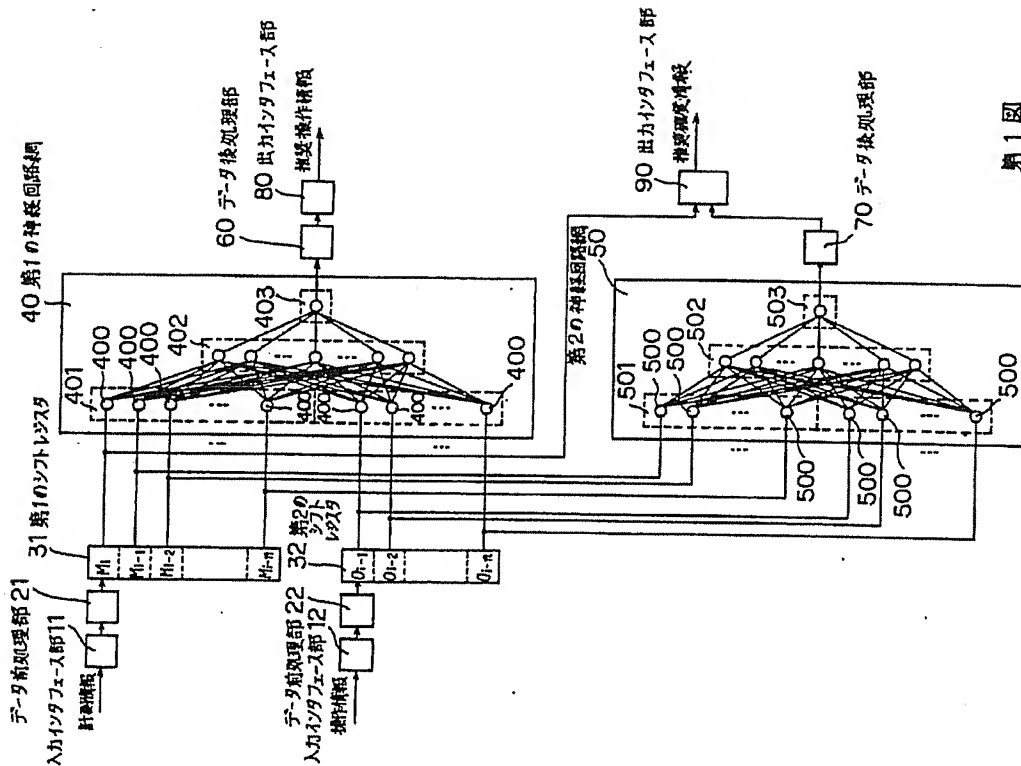
第1図は本発明の一実施例の操作量逐次予測運転システムのブロック図、第2図は第1図の運転システムの運転手順を示す図である。

- 11、12—入力インタフェース部、
- 21、22—データ前処理部、
- 31—第1のシフトレジスタ、
- 32—第2のシフトレジスタ、
- 40—第1の神経回路網、
- 50—第2の神経回路網、
- 60、70—データ後処理部、
- 80、90—出力インタフェース部、
- 101～104—ステップ、

特許出願人 日本電信電話株式会社
代理人 弁理士 若林 忠



第2図



第1図